

# Les miroirs ardents



*Représentation par Giulio Parigi (1571-1635) du miroir ardent d'Archimède au siège de Syracuse. (Galleria degli Uffizi, Florence).*

L'utilisation de l'astre du jour pour détruire une flotte ennemie, voilà une belle histoire pour faire la promotion de l'énergie solaire. Pourtant il ne fait aucun doute qu'il ne s'agit que d'une légende.

Les auteurs quasiment contemporains des événements et qui commentent avec force détails la participation d'Archimède à la défense de Syracuse contre la flotte romaine ne font aucune mention d'un fait aussi extraordinaire qui n'aurait pu passer inaperçu. Ce n'est que près de huit siècles plus tard qu'apparaît le premier récit. Cette simple constatation suffit à balayer tout soupçon d'authenticité.

D'autre part la technologie nécessaire à une telle entreprise était inconcevable à l'époque.

L'image du Soleil projetée par un miroir concave parfait d'une centaine de mètres de focale serait étalée sur un mètre. Plus simplement, à la distance de 100 mètres, le cône lumineux réfléchi par un petit miroir plan (ou de très grande focale), parfait, pointé vers le Soleil, atteint le même diamètre. On peut donc pointer un très grand nombre de petits miroirs

plans ou un petit nombre de très grands miroirs concaves de 100 mètres de focale pour concentrer toute la lumière sur cette surface de 0,7 mètre carré. Pour atteindre rapidement des températures permettant d'enflammer quelque chose, il faut multiplier l'intensité des centaines ou des milliers de fois. Les miroirs qu'aurait pu utiliser Archimède n'étaient pas



*Utilisation par Archimède de miroirs et du Soleil pour défendre la ville de Syracuse contre le siège romain.*



***Certaines centrales solaires concentrent en un même endroit la lumière réfléchie par de nombreux miroirs.  
(Sandia National Laboratories)***

parfaits optiquement et leur réflectivité était loin de 100%. De plus ils étaient inclinés par rapport à la direction du Soleil ce qui diminue leur surface effective. On imagine la surface totale effarante, des milliers de mètres carrés, que devraient cumuler des miroirs pour concentrer suffisamment de lumière. En effet, le succès d'une telle arme repose sur la rapidité. Il n'est pas question d'espérer qu'un navire vienne docilement attendre plusieurs minutes au foyer des miroirs avant de s'enflammer et de laisser la place au suivant. En outre, la rotation de la Terre déplace l'image du Soleil de son diamètre en deux minutes, et donne un motif supplémentaire de rapidité.

Les représentations naïves figurant à la page précédente montrent une cible si éloignée que l'image

du Soleil serait bien plus grande que le miroir. Autrement dit le flux lumineux arrivant du miroir serait nettement moindre que la luminosité ambiante.

Ce prétendu exploit d'Archimède est souvent présenté comme précurseur du système qui capte l'énergie solaire dans certains types de centrales thermiques. Effectivement, c'est exactement ce que l'on fait dans les centrales à concentration.

De simples considérations géométriques montrent que la concentration lumineuse d'un miroir concave ou d'une lentille dépend du

rapport de la focale au diamètre, c'est-à-dire de

l'ouverture relative. En expérimentant avec une loupe ou un petit miroir on trouve qu'à partir d'une ouverture de 10 ou, mieux, de 5, on arrive à enflammer assez facilement un objet. Les briquets solaires qui fonctionnent sur ce principe disposent d'un miroir ou d'une lentille d'ouverture de l'ordre de l'unité. La



***Briquet solaire fonctionnant avec un miroir en aluminium***





**Grand Four Solaire d'Odeillo à Font Romeu.**  
(Laboratoire CNRS PROMES. UPR 8521)

concentration est donc très forte, même avec une optique approximative, ce qui explique leur efficacité.

Les miroirs d'Archimède auraient donc dû être équivalents à un miroir unique de plus de 20 mètres de diamètre. De nouveau, la réflectivité et l'inclinaison du faisceau conduisent à trouver une surface totale se chiffrant en milliers de mètres carrés. On aurait donc dû déployer sur la côte des milliers d'hommes manipulant chacun un miroir d'un mètre carré, en ayant soin que chacun ait une vue dégagée vers le Soleil et les navires.

Ces miroirs ardents auraient dû viser et suivre avec précision un point donné d'un navire, cible mouvante par excellence, pour l'enflammer. Or, il est un point que l'on sous-estime : comment chaque individu pourrait-il reconnaître la tache, faiblement lumineuse, que produit son miroir au milieu d'une foule d'autres taches ? Comment faire pour les rassembler si aucun des soldats ne remarque l'effet produit par un mouvement de son miroir ?

Si l'on considère en outre que l'ennemi n'aurait qu'à attendre la nuit ou un passage nuageux pour déjouer cette défense, et que le

vent ou une pluie de projectiles aurait dérangé tout agencement précis, on ne peut que rejeter cette légende, d'autant plus que quelques flèches enflammées pouvaient donner un résultat plus fiable et auraient demandé infiniment moins de ressources.

Tout cela relève de la plus haute fantaisie et le facétieux Anthémios aurait sans doute apprécié de connaître les échos que son récit a reçu et reçoit encore.

On trouve dans la presse la description d'expériences qui auraient pourtant confirmé la faisabilité des miroirs d'Archimède, entre autre par l'ingénieur grec I. Sakkas en 1973. Avec 70 miroirs d'1 m 70 sur 0 m 70 il aurait réussi à enflammer une cible à 50 mètres en deux minutes. A priori, en vertu des explications précédentes, on pourrait croire que ce n'est pas impossible, l'ouverture relative du miroir équivalent étant de l'ordre de 6. Mais c'est bien sûr insuffisant pour une utilisation en vrai dans un siège naval. Il aura fallu une cible parfaitement fixe, très patiente, et un réglage laborieux de chacun de miroirs pour réaliser le test.

Cet exemple nous fait toucher un autre aspect du problème : la qualité optique des miroirs. À la distance de 50 m, l'image du Soleil mesure 45 cm de diamètre si les miroirs sont parfaitement sphériques (ou paraboliques). S'ils étaient plans, la tache projetée par des miroirs de  $1,7 \times 0,7$  s'étalerait sur plus de  $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  et serait une dizaine de fois moins concentrée. La flèche au centre d'un miroir sphérique d'un mètre de diamètre et de 50 m de focale dépasse à peine le millimètre. C'est dire la précision avec laquelle les miroirs devaient être taillés, polis, et la rigidité qu'ils devaient avoir pour que la lumière reste bien concentrée. Et tout écart à la forme idéale entraînerait un empâtement encore plus grand. La réalisation de si grands miroirs, aussi parfaits et rigides, tout en étant assez légers pour être aisément manipulés était évidemment impossible à l'époque d'Archimède.